

[home](#)[searching](#)[patents](#)[documents](#)[toc journal watch](#)**Format Examples****US Patent**

US6024053 or 6024053

US Design Patent

D0318249

US Plant Patents

PP8901

US Reissue

RE35312

US SIR

H1523

US Patent Applications

20020012233

World Patents

WO04001234 or WO2004012345

European

EP1067252

Great Britain

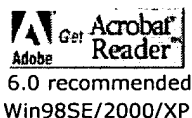
GB2018332

German

DE29980239

Nerac Document Number (NDN)

certain NDN numbers can be used for patents

[view examples](#)**Patent Ordering**[help](#)**Enter Patent Type and Number:** optional reference note

☐ Add patent to cart automatically. If you uncheck this box then you must *click on* Publication number and view abstract to Add to Cart.

0 Patent(s) in Cart

Patent Abstract[Add to cart](#)

GER 2001-04-26 19949714 **Magnetically sensitive prefabricated part, especially Sensorelement, with magnetoresistiven layer systems in BroOckenschaltung**
ANNOTATED TITLE- Magnetisch sensitives Bauteil, insbesondere Sensorelement, mit magnetoresistiven Schichtsystemen in BroOckenschaltung

INVENTOR- Haas, Gunther, Dr. 71229 Leonberg DE
INVENTOR- Freitag, Martin, Dr. 70839 Gerlingen DE
INVENTOR- Johnson, Andrew 81245 MoOnchen DE

APPLICANT- Robert Bosch GmbH 70469 Stuttgart DE**PATENT NUMBER-** 19949714/DE-A1**PATENT APPLICATION NUMBER-** 19949714**DATE FILED-** 1999-10-15**DOCUMENT TYPE-** A1, DOCUMENT LAID OPEN (FIRST PUBLICATION)**PUBLICATION DATE-** 2001-04-26**INTERNATIONAL PATENT CLASS-** H01L04308; G01R03309; G01R03309B**PATENT APPLICATION PRIORITY-** 19949714, A**PRIORITY COUNTRY CODE-** DE, Germany, Ged. Rep. of**PRIORITY DATE-** 1999-10-15**FILING LANGUAGE-** German**LANGUAGE-** German NDN- 203-0482-1346-6

It becomes prefabricated part (30), especially a sensor element, a magnetically sensitive one with at least two,

BEST AVAILABLE COPY

generated area-wisely on a substratum (10), magnetoresistive layer systems (20) proposed. The layer systems (20) expel in each case at least one reference layer (2, 2') on that occasion, at least one to the reference layer, 2, 2', neighboring inter layer (3) and at least one to the inter layer (3) neighboring Detektionsschicht (1) on and is R 4 as bridge resistances (R 2), in an electric circuit after type of a Wheatstone-BroOcke (21) encased. In addition, at least one expels first partial layer (2a, 2a') at least from a magnetoresistive layer system (20) at least one of the reference layers (2, 2') and at least one second partial layer (2b, 2b') on, with what the first partial layer (2a, 2a') shows a magnetization (m 2) and the second partial layer is an antiferromagnetic partial layer (2b, 2b'). The magnetically sensitive prefabricated part (30), it dedicates itself particularly the touch-draws lots and largely temperature-independent and offset-freien recording of speeds and corners on the basis of the GMR or TMR-Effektes. It also is outer employable on that occasion with strong for magnet fields.

EXEMPLARY CLAIMS- 1. Magnetically sensitive prefabricated part, especially Sensorelement, with at least two, generated area-wisely on a substratum (10), a GMR or TMR-Effekt showing magnetoresistive layer systems (20) with in each case at least one reference layer, 2, 2 '), at least one to the reference layer, 2, 2 ') neighboring inter layer (3) and at least one to the inter layer (3) of neighboring Detektionsschicht (1), the magnetoresistive layer systems (20) with what as encased bridge resistances (R2, R4) in an electric circuit after type of a Wheatstone-BroOcke (21) is, marked through it that at least one of the reference layers, 2, 2 ') at least a magnetoresistive layer system's (20) at least one first partial layer, 2 a, 2 a', and at least one second partial layer, 2 b, of 2 b', shows, the first partial layer with what, 2 a, 2 a', a magnetization (m2) shows and the second partial layer an antiferromagnetic partial layer, 2 b, of 2 b', is. 2. Magnetically sensitive prefabricated part of claim 1, marked by it, that the electric circuit shows after type of a Wheatstone-BroOcke two half bridges (22, 23), that show in each case at least one magnetoresistive layer framework (20). 3. Magnetically sensitive prefabricated part of claim 1, marked by it, that at least the electric circuit a Wheatstone-BroOcke (21) with four magnetoresistive layer systems (20) as of R2, R3, of R4 bridge resistances (R1), shows, und/oder that the electric circuit shows a Wheatstone-BroOcke (21) with two half bridges (22, 23) at least, that one magnetoresistive layer framework (20) each as bridge resistance (R2, R4) and one each of an outer magnet field independent resistance (R5, R6) shows. 4. Magnetically sensitive prefabricated part of

claim 1, marked by it, that encased the magnetoresistive layer systems (20) so is, that a BroOckenausgangsspannung (UB) veroanderbare through an outer magnet field is at least at least largely offsetfrei in the area of -40°C to 150°C at least largely

NO-DESCRIPTORS

Nerac, Inc. One Technology Drive . Tolland, CT
Phone (860) 872-7000 Fax (860) 875-1749

©1995-2003 All Rights Reserved . [Privacy Statement](#) . [Report a Problem](#)



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 49 714 A 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
H 01 L 43/08
G 01 R 33/09

⑳ Aktenzeichen: 199 49 714.1
㉔ Anmeldetag: 15. 10. 1999
㉕ Offenlegungstag: 26. 4. 2001

DE 199 49 714 A 1

㉑ **Anmelder:**
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

㉒ **Erfinder:**
Haas, Gunther, Dr., 71229 Leonberg, DE; Freitag,
Martin, Dr., 70839 Gerlingen, DE; Johnson, Andrew,
81245 München, DE

⑥⑥ **Entgegenhaltungen:**

DE	196 49 265 A1
DE	195 07 303 A1
DE	44 34 912 A1
DE	44 27 495 A1
DE	199 33 209
EP	8 71 231 A2
EP	8 14 519 A2
WO	95 28 649 A1

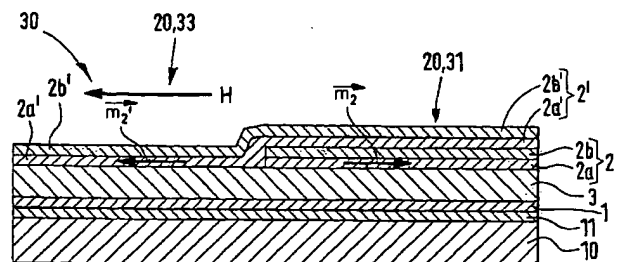
JP 09252151 A (Abstract);
JP 09129946 A (Abstract);

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Magnetisch sensitives Bauteil, insbesondere Sensorelement, mit magnetoresistiven Schichtsystemen in Brückenschaltung**

⑤⑦ Es wird ein magnetisch sensitives Bauteil (30), insbesondere ein Sensorelement, mit mindestens zwei, bereichsweise auf einem Substrat (10) erzeugten, magnetoresistiven Schichtsystemen (20) vorgeschlagen. Die Schichtsysteme (20) weisen dabei jeweils mindestens eine Referenzschicht (2, 2'), mindestens eine zu der Referenzschicht (2, 2') benachbarte Zwischenschicht (3) und mindestens eine zu der Zwischenschicht (3) benachbarte Detektionsschicht (1) auf und sind als Brückenwiderstände (R_2 , R_4) in einer elektrischen Schaltung nach Art einer Wheatstone-Brücke (21) verschaltet. Darüber hinaus weist mindestens eine der Referenzschichten (2, 2') mindestens eines magnetoresistiven Schichtsystems (20) mindestens eine erste Teilschicht (2a, 2a') und mindestens eine zweite Teilschicht (2b, 2b') auf, wobei die erste Teilschicht (2a, 2a') eine Magnetisierung (m_2) zeigt und die zweite Teilschicht eine antiferromagnetische Teilschicht (2b, 2b') ist. Das magnetisch sensitive Bauteil (30) eignet sich besonders zur berührungslosen und weitgehend temperaturunabhängigen und offset-freien Erfassung von Drehzahlen und Winkeln auf der Grundlage des GMR- oder TMR-Effektes. Dabei ist es auch bei starken äußeren Magnetfeldern einsetzbar.



DE 199 49 714 A 1



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein magnetisch sensitives Bauteil, insbesondere ein Sensorelement, mit mindestens zwei magnetoresistiven Schichtsystemen in Brückenschaltung auf einem Substrat nach der Gattung des Hauptanspruches.

Stand der Technik

Bekannte magnetoresistive Sensorelemente, die nach dem sogenannten "Spin-Valve-Prinzip" arbeiten, bestehen üblicherweise aus einer weichmagnetischen Detektionsschicht mit einer parallel zu der Detektionsschicht gerichteten, durch ein äußeres Magnetfeld einstellbaren ersten Magnetisierung m_1 , einer hartmagnetischen Referenzschicht mit einer vorgegebenen räumlichen Ausrichtung einer zugehörigen, parallel zu der Referenzschicht gerichteten und möglichst unveränderbaren zweiten Magnetisierung m_2 , sowie einer unmagnetischen metallischen Zwischenschicht. Bei geeigneter Dimensionierung der Schichtdicken und geeigneter Materialwahl zeigt dieses System dann eine Änderung des elektrischen Widerstandes bei einem innerhalb der Ebene der Zwischenschicht fließenden elektrischen Stromes gemäß

$$R = R_0 + C \cos \theta$$

wobei θ den Winkel zwischen den Richtungen der beiden zu der Referenzschicht und der Detektionsschicht zugehörigen Magnetisierungen bezeichnet (GMR-Effekt, "Gigant Magnetic Resistance"). Die Widerstandsänderung liegt typischerweise im Bereich zwischen 5% und 10% und kann durch Veränderung der Richtung der Magnetisierung m_1 , beispielsweise über ein äußeres Magnetfeld, vermessen werden.

Die hartmagnetische Referenzschicht besteht weiter üblicherweise entweder aus einer dünnen Schicht aus relativ hartmagnetischem Material, oder aus zwei übereinander liegenden Schichten in Form einer an die Zwischenschicht angrenzenden, weich- oder relativ hartmagnetischen Teilschicht und einer benachbarten antiferromagnetischen Teilschicht, welche die räumliche Orientierung der Magnetisierung der an die Zwischenschicht angrenzenden magnetischen Schicht festlegt oder stabilisiert.

Die Funktion derartiger magnetoresistiver Sensorelemente beruht darauf, daß die Richtung der Magnetisierung m_1 der Detektionsschicht sich möglichst leicht und weitgehend parallel zu einer innerhalb der Ebene der Detektionsschicht liegenden Komponente eines äußeren Magnetfeldes ausrichtet, während die Richtung der Magnetisierung m_2 der Referenzschicht von derartigen äußeren Feldern möglichst unbeeinflusst bleiben sollte, damit eine zuverlässige Referenz für die Bestimmung des Winkels θ gewährleistet ist.

Hinsichtlich weiterer Details zu magnetoresistiven Sensorelementen und möglicher Anwendungen sei beispielsweise auf C. Tsang et al., "Design, Fabrication and Testing of Spin-Valve Read Heads for High Density Recording", IEEE Trans. Magn., 30, (1994), Seite 3801 ff., verwiesen.

Um ein magnetoresistives Schichtsystem in einem Sensorelement, beispielsweise zur berührungslosen Messung von äußeren Magnetfeldern, für den Einsatz in Kraftfahrzeugen als ABS-Radsensor, Lenkwinkelsensor oder Potentiometerersatz usw. verwenden zu können, ist es unerlässlich, daß das Sensorelement über einen möglichst weiten Temperaturbereich eine temperaturunabhängige und zur Erhöhung der Meßgenauigkeit möglichst Offset-freie Ausgangsspannung liefert. Dazu ist bereits bekannt, ein Sensorelement mit zwei oder vier magnetoresistiven Schichtsystemen in Form

einer Wheatstone'schen Brückenschaltung zu verschalten, um dadurch die gegenüber dem Meßsignal relativ große und temperaturabhängige Offset-Spannung eines einzelnen magnetoresistiven Schichtsystems zu eliminieren.

Im einzelnen wird dazu ein Sensorelement in Form von vier Einzelwiderständen R_1 bis R_4 aus vier magnetoresistiven Schichtsystemen erzeugt, die üblicherweise als mäandrierförmige Leiterbahnen ausgebildet, strukturiert und über zusätzliche elektrische Leiterbahnen und Anschlußkontakte in an sich bekannter Weise zu einer Wheatstone-Brücke verschaltet werden. Alternativ ist auch bekannt, lediglich zwei magnetoresistive Schichtsysteme einzusetzen, und diese in Form von zwei Halbbrücken mit zwei weiteren externen, herkömmlichen Widerständen in an sich bekannter Weise zu einer Wheatstone-Brücke zu verschalten.

Unterscheiden sich beispielsweise in der erstgenannten Brückenschaltung die Magnetisierungsrichtungen der Magnetisierung m_2 der Referenzschichten in den Widerständen R_1 und R_3 von denen in den Widerständen R_2 und R_4 gerade um 180° , so ergibt sich eine temperaturunabhängige, Offset-freie Brückenausgangsspannung:

$$U_B = 2 \cdot U_0 \cdot C \cdot \cos \theta.$$

Um ein solches Sensorelement auf einem Substrat, beispielsweise einem Chip, in kompakter Form herstellen zu können, ist weiter bekannt, die Referenzschicht in Form dreier übereinander liegender Teilschichten auszubilden, wobei eine Kupferschicht von einigen Å Dicke zwei dünne Cobaltschichten voneinander trennt, die je eine unterschiedlich starke und entgegengerichtete Magnetisierung mit jeweils einem daraus resultierenden magnetischen Moment aufweisen, und die über die Kupferschicht magnetisch miteinander gekoppelt sind. Eine derartig aufgebaute Referenzschicht wird als "künstlicher Antiferromagnet" oder "künstlichantiferromagnetische" Referenzschicht bezeichnet, da weder Kobalt noch Kupfer antiferromagnetisch ist.

Mit derartigen, bekannten Sensorelementen lassen sich die Referenzmagnetisierungen m_2 der Referenzschichten der einzelnen magnetoresistiven Schichtsysteme erst nach dem Erzeugen der magnetoresistiven Schichtsysteme in Brückenschaltung auf einem Chip erzeugen, indem nach Deposition der Schichtsysteme auf dem Chip lokal mittels eines äußeren Magnetfeldes die Magnetisierungen m_2 der einzelnen Referenzschichten der magnetoresistiven Schichtsysteme erst definiert erzeugt werden.

Dies ist bei den aus dem Stand der Technik bekannten Sensorelementen möglich, weil die "künstlich-antiferromagnetische" Referenzschicht durch das resultierende magnetische Moment ihrer beiden Teilschichten aus Kobalt durch ein in der Regel besonders starkes, bei der Herstellung des Sensorelementes beispielsweise über magnetische Schreibköpfe angelegtes lokales äußeres Magnetfeld beeinflussbar, und darüber insgesamt die Magnetisierung m_2 der Referenzschicht in ihrer Richtung einstellbar ist. Somit können lokal unterschiedlich gerichtete Referenzmagnetisierungen m_2 in unterschiedlichen magnetoresistiven Schichtsystemen durch einmaliges Einprägen bei der Produktion über starke lokale äußere Magnetfelder auf dem Chip erhalten werden.

Ein derartiges Sensorelement wird bereits durch die Fa. Infineon Technologies AG, 81609 München unter der Bezeichnung GMR B6 angeboten und ist mit weiteren detaillierten Angaben zu Aufbau und Funktion unter <http://www.infineon.com/products/38/38.htm> im Internet beschrieben.



Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße, magnetisch sensitive Bauteil mit magnetoresistiven Schichtsystemen in Brückenschaltung hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, daß damit über einen weiten Temperaturbereich von -40°C bis 150°C eine weitgehend Offset-freie und temperaturunabhängige Ausgangsspannung erhalten werden kann, wobei das magnetisch sensitive Bauteil, beispielsweise als Sensorelement, vorteilhaft auf einem Substrat oder Chip sehr kompakt, vorzugsweise monolithisch integriert, aufgebaut ist. Dies erspart einen aufwendigen nachträglichen Aufbau und eine nachträgliche Verschaltung der einzelnen magnetoresistiven Schichtsysteme bzw. zusätzlichen Widerstände.

Weiterhin kann das erfindungsgemäße magnetisch sensitive Bauteil mit einem gängigen, in der Serienfertigung zur Herstellung von Schichtsystemen und deren Mikrostrukturierung eingesetzten Verfahren hergestellt werden, das gut beherrschbar ist.

Sehr vorteilhaft ist weiterhin, daß das erfindungsgemäße magnetisch sensitive Bauteil, insbesondere bei der Verwendung als Sensorelement, auch unter dem Einfluß starker äußerer Magnetfelder oder magnetischer Störfelder stets unverändert bleibt, und es nicht zu irreversiblen Beeinträchtigungen oder einem relevanten zeitlichen Drift der Sensorcharakteristik oder des GMR-Effektes oder TMR-Effektes ("Tunnel Magnetic Resistance") der einzelnen Schichtsysteme, insbesondere durch Veränderung der Richtung der Magnetisierung m_2 der Referenzschicht und damit des Referenzwertes für den Winkel θ , kommt.

Unter starken Magnetfeldern werden dabei insbesondere Magnetfelder mit $H > 15 \text{ kA/m}$ verstanden.

Damit weist das erfindungsgemäße, magnetisch sensitive Bauteil eine besonders hohe Zuverlässigkeit, Störuneempfindlichkeit und Meßgenauigkeit, insbesondere hinsichtlich der Winkelgenauigkeit, sowie zeitliche Konstanz und Reproduzierbarkeit des Meßergebnisses auf.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen.

So ist es besonders vorteilhaft, daß der Meßbereich des erfindungsgemäßen Sensorelementes bei Betrieb als Winkelsensor einen Winkelbereich von 360° umfassen kann.

Weiter ist es vorteilhaft, wenn die Referenzschicht eine Strukturierung, insbesondere eine Wellen- oder sägezahnförmige Topographie mit uniaxialer Vorzugsrichtung aufweist, wobei die einzelnen Wellen dieser Topographie vorteilhaft möglichst parallel zu der Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht ausgerichtet sind. Diese Form der Strukturierung führt zu einer besonders stabilen und gegenüber Störungen unempfindlichen Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht.

Im übrigen kann das erfindungsgemäße Schichtsystem einfacher Weise auch als TMR-Sensorelement oder TMR-Speicherelement ("Tunnel Magnetic Resistance") betrieben werden. Dazu ist lediglich die Zwischenschicht in Form einer dünnen dielektrischen Schicht auszubilden und ein elektrischer Strom senkrecht zu der Ebene der Zwischenschicht anzulegen. Die Zwischenschicht wirkt in diesem Fall als Tunnelbarriere, wobei vorteilhaft große Widerstandsänderungen dieser Tunnelbarriere für Ströme senkrecht zu der Ebene der Zwischenschicht als Funktion eines äußeren Magnetfeldes auftreten.

Insgesamt eignet sich das erfindungsgemäße Schichtsystem vorteilhaft zum Einsatz in einem magnetischen Speicherelement (MRAM = "Magnetic Random Access Memory"), einem Magnetplattenlesekopf, einem GMR-Sensor (GMR = "Gigant Magnetic Resistance"), einem TMR-Sensor ("Tunnel Magnetic Resistance") oder allgemein in einem

magnetischen Sensor zur berührungslosen Erfassung von Weg, Geschwindigkeit und Winkelgeschwindigkeit, sowie davon abgeleiteter physikalischer Meßgrößen, beispielsweise in Kraftfahrzeugen.

Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnungen und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen Fig. 1 eine einfache Prinzipskizze eines magnetoresistiven Schichtsystems, Fig. 2 und Fig. 3 erläutern ein erstes Ausführungsbeispiel eines magnetisch sensitiven Bauteils mit magnetoresistiven Schichtsystemen in Brückenschaltung in Draufsicht, Fig. 4a und 4b ein zweites Ausführungsbeispiel zur Erzeugung eines magnetisch sensitiven Bauteils auf einem Substrat mit magnetoresistiven Schichtsystemen in streifenförmigen Gebieten im Schnitt, Fig. 4c eine Weiterführung von Fig. 4b, wobei ein Schichtsystem gemäß Fig. 3 entsteht, Fig. 5, ausgehend von Fig. 4b, ein zu Fig. 4c alternatives, weiteres Ausführungsbeispiel und Fig. 6 eine zu Fig. 2 alternative Ausführungsform gemäß Fig. 4a oder Fig. 5.

Ausführungsbeispiele

Die Fig. 1 zeigt zunächst eine Prinzipskizze eines magnetoresistiven Schichtsystems 20 mit einer Detektionsschicht 1 aus einem weichmagnetischen Material, die eine Magnetisierung m_1 aufweist, die beispielsweise die durch den Pfeil angegebene Richtung hat. Weiterhin weist das Schichtsystem 20 eine Zwischenschicht 3 aus einem elektrisch leitfähigen, nichtmagnetischen Material auf, durch die ein Strom I in der Ebene der Zwischenschicht 3 fließt. Schließlich ist auf der Zwischenschicht 3 auf der der Detektionsschicht 1 gegenüberliegenden Seite eine Referenzschicht 2 aus einem hartmagnetischen Material aufgebracht, die eine Magnetisierung m_2 aufweist, deren Richtung beispielsweise durch den Pfeil gegeben ist.

Die Fig. 2 zeigt eine Prinzipskizze einer elektrischen Schaltung nach Art einer Wheatstone-Brücke 21, die aus einer ersten Halbbrücke 22 und aus einer zweiten Halbbrücke 23 besteht, die jeweils die Brückenwiderstände R_1 und R_2 sowie R_3 und R_4 aufweisen. In dieser Wheatstone-Brücke 21 wird zunächst eine äußere eingeprägte Spannung U_0 angelegt und es werden weiterhin die Brückenwiderstände R_1 , R_2 , R_3 und R_4 derart abgeglichen oder dimensioniert, daß die Brückenspannung U_B minimal, vorzugsweise Null, ist. In Fig. 2 werden die Brückenwiderstände R_1 , R_2 , R_3 und R_4 weiter jeweils durch ein magnetoresistives Schichtsystem 20 gebildet, wobei in Fig. 2 durch die Pfeile jeweils die Richtung der Magnetisierung m_2 der Referenzschicht gemäß Fig. 1 angedeutet ist.

Die Fig. 3 erläutert ein erstes Ausführungsbeispiel eines magnetisch sensitiven Bauteils 30 mit magnetoresistiven Schichtsystemen 20 in Brückenschaltung. Dazu sind die magnetoresistiven Schichtsysteme 20 auf einem Substrat 10 in einem ersten streifenförmigen Gebiet 31 und einem dritten streifenförmigen Gebiet 33 angeordnet, wobei die magnetoresistiven Schichtsysteme 20, die die Brückenwiderstände R_1 und R_2 bilden, eine parallel zueinander ausgerichtete Magnetisierung m_2 aufweisen, und die magnetoresistiven Schichtsysteme 20, die die Brückenwiderstände R_3 und R_4 bilden, ebenfalls eine parallel zueinander ausgerichtete Magnetisierung m_2 aufweisen. Die Richtung der Magnetisierung m_2 der die Brückenwiderstände R_1 und R_3 bildenden Schichtsysteme 20 und die Richtung der Magnetisierung m_2 der die Brückenwiderstände R_2 und R_4 bildenden Schichtsysteme 20 sind in Fig. 3 durch Pfeile angedeutet.



steme 20 sind weiter einander entgegengerichtet.

Die Verschaltung der einzelnen Brückenwiderstände gemäß Fig. 3 erfolgt analog der Fig. 2 in an sich bekannter Weise durch nicht dargestellte Leiterbahnen, die über an sich bekannte Strukturierungsverfahren aus der Mikrostrukturtechnik aufgebracht bzw. erzeugt wurden. Da die Kontaktierung, Spannungsversorgung und Verschaltung dem Fachmann an sich bekannt ist, wird darauf im weiteren im Detail nicht eingegangen.

Die Fig. 4a und 4b bzw. 4a bis 4c erläutern den Herstellungsprozeß eines magnetisch sensitiven Bauteils 30 auf einem Substrat 10, wobei am Ende dieses Herstellungsprozesses ein magnetisch sensitives Bauteil 30 mit einem prinzipiellen Aufbau gemäß Fig. 3 entsteht. Insofern ist die Fig. 4c eine Schnittdarstellung der Fig. 3.

Im einzelnen geht man zur Herstellung eines erfindungsgemäßen, magnetisch sensitiven Bauteils 30 zunächst gemäß Fig. 4a von einem Substrat 10, beispielsweise einem Siliziumwafer oder einem Chip, aus, dessen Oberfläche aus thermisch oxidiertem Silizium besteht. Auf die Oberfläche des Substrates 10 wird weiter zunächst, beispielsweise in Sputtertechnik, eine optionale Bufferschicht 11 aufgebracht, die aus einer einige nm dicken Tantalschicht oder einer einige nm dicken NiFe-Schicht besteht. Auf der Bufferschicht 11 wird anschließend in sich bekannter Weise eine Detektionsschicht 1 aufgebracht, die bevorzugt aus einem weichmagnetischen Material, insbesondere NiFe oder FeCo, besteht. Die Detektionsschicht 1 wird dabei in an sich bekannter Weise derart abgeschieden, daß diese eine Magnetisierung m_1 aufweist, deren Richtung unter dem Einfluß eines äußeren Magnetfeldes veränderbar ist, und die sich jeweils derart einstellt, daß sie zumindest weitgehend parallel zu einer am Ort des jeweiligen, dort zu erzeugenden magnetoresistiven Schichtsystems 20 parallel zu einer zu der Ebene der Detektionsschicht 1 gerichteten Komponente des äußeren Magnetfeldes orientiert ist.

Auf der Detektionsschicht 1 wird in einem nächsten Schritt dann eine Zwischenschicht 3 abgeschieden. Diese Zwischenschicht 3 besteht im erläuterten Beispiel aus einem elektrisch leitfähigen Material, vorzugsweise einem unmagnetischen Metall wie Kupfer.

Sofern man anstelle eines GMR-Sensorelements ein TMR-Sensorelement aufbauen möchte, eignet sich als Material für die Zwischenschicht 3 jedoch auch ein dielektrisches Material, vorzugsweise Aluminiumoxid. Da die prinzipielle Funktionsweise von GMR-Sensorelementen oder TMR-Sensorelementen bekannt ist, wird auf deren Funktionsweise im einzelnen nicht näher eingegangen.

Nach dem Aufbringen der Zwischenschicht 3 wird dann gemäß Fig. 4a im Bereich eines zweiten streifenförmigen Gebietes 32 eine Strukturierung in Form einer Opferschicht 12, beispielsweise durch Aufbringen eines entsprechend strukturierten Fotolacks als Maskierung, erzeugt. Nach dem Abscheiden dieser Opferschicht 12 wird dann flächig, insbesondere auch auf der Opferschicht 12, eine erste Teilschicht 2a der Referenzschicht 2 aufgebracht, die bevorzugt aus einem hartmagnetischen Material, beispielsweise Cobalt homogener magnetischer Ausrichtung, oder einem weichmagnetischen Material, beispielsweise NiFe oder FeCo, besteht. Auf der ersten Teilschicht 2a wird dann eine zweite Teilschicht 2b erzeugt, die aus einem antiferromagnetischen Material besteht.

Im einzelnen wird dazu die zweite Teilschicht 2b beispielsweise durch eine NiO-, Iridium-Mangan-, Platin-Mangan- oder Mangan-Eisen-Schicht von einigen nm Dicke gebildet. Gleichzeitig wird zur Erzeugung der Richtung der Magnetisierung m_2 während der Abscheidung der zweiten Teilschicht 2b und vorzugsweise auch während der Ab-

scheidung der ersten Teilschicht 2a der Referenzschicht 2 ein homogenes äußeres Magnetfeld H angelegt, das in Fig. 4a durch seine Richtung mit dem eingezeichneten Pfeil gekennzeichnet ist, und das in der Referenzschicht 2 eine entsprechende Ausrichtung der Magnetisierung m_2 der Referenzschicht 2 bewirkt.

Im einzelnen bewirkt die zweite, antiferromagnetische Teilschicht 2b durch das Abscheiden während eines anliegenden, gerichteten äußeren Magnetfeldes H in an sich bekannter Weise eine permanente Induktion und Stabilisierung der Richtung der Magnetisierung der ersten Teilschicht 2a, so daß sich deren Richtung nach dem Abscheiden und nach Abschalten des bei der Deposition angelegten äußeren Magnetfeldes H durch danach auftretende äußere Magnetfelder oder Störfelder nicht mehr zu verändern vermag. Somit wird erreicht, daß die Richtung der Magnetisierung m_2 in der Referenzschicht 2 fest fixiert ist.

In Fig. 4b ist dargestellt, wie nach der Abscheidung der Referenzschicht 2 die Opferschicht 12 durch einen sogenannten Lift-Off-Prozeß entfernt wird, so daß sich eine Strukturierung der Oberfläche des Substrates 10 in benachbarte, streifenförmige Gebiete 31, 32 ergibt, wobei lediglich in dem Gebiet 31 die Referenzschicht 2 mit ihrer zugeordneten Magnetisierung m_2 verbleibt. Im Bereich des zweiten streifenförmigen Gebietes 32 dagegen wurde die zuvor dort auf der Opferschicht 12 abgeschiedene Referenzschicht 2 wieder entfernt.

Das Schichtsystem gemäß Fig. 4b wird dann weiterhin derart oberflächlich strukturiert, daß innerhalb des ersten und des zweiten streifenförmigen Gebietes 31, 32 je zwei, flächig oder mäanderförmig ausgebildete Brückenwiderstände entstehen. Dazu werden aus dem ersten Gebiet 31 die beiden Brückenwiderstände R_2 und R_4 und aus dem zweiten Gebiet 32 die beiden Brückenwiderstände R_5 und R_6 gemäß Fig. 6 herausstrukturiert, und über die beiden Halbbrücken 22, 23 zu der Wheatstone-Brücke 21 verschaltet. Dabei sind die Brückenwiderstände R_5 und R_6 in diesem Ausführungsbeispiel rein Ohm'sche, durch die Zwischenschicht 3 bzw. die Detektionsschicht 1 gebildete Widerstände, die keinen GMR-Effekt aufweisen.

Die Fig. 4c erläutert in Weiterführung von Fig. 4b ein weiteres Ausführungsbeispiel und sieht dazu vor, auf dem Substrat 10 zusätzlich eine zweite Referenzschicht 2' abzuscheiden. Deren Aufbau ist zunächst völlig analog dem Aufbau der Referenzschicht 2, sie erstreckt sich jedoch die gesamte Oberfläche des Substrates 10. Weiterhin wird während der Abscheidung der zweiten Referenzschicht 2' die Richtung des bei der Deposition anliegenden äußeren Magnetfeldes H entgegengesetzt der bei der Abscheidung der ersten Referenzschicht 2 gewählten Richtung des äußeren Magnetfeldes H gewählt.

Dadurch entsteht auf dem Substrat 10 ein drittes, streifenförmiges Gebiet 33, in dem sich auf der Zwischenschicht 3 die zweite Referenzschicht 2' befindet, die selbst aus einer dritten Teilschicht 2a' und einer vierten Teilschicht 2b' umgebildet ist. Die dritte Teilschicht 2a' ist dabei analog zur ersten Teilschicht 2a und die vierte Teilschicht 2b' ist analog zur zweiten Teilschicht 2b in Fig. 4a ausgebildet.

Die beiden Referenzschichten 2' und 2 in Fig. 4c unterscheiden sich jedoch dadurch, daß die Richtung der jeweiligen Magnetisierungen m_2 und m_2' beispielsweise zueinander entgegengesetzt gerichtet sind.

Nach der Fertigstellung des Schichtaufbaus gemäß Fig. 4c und deren oberflächlicher Strukturierung in Brückenwiderstände R_1 bis R_4 gemäß Fig. 3 wird dann die Oberfläche des Substrates 10 in an sich bekannter Weise durch Aufbringen von Leitungsschichten zur Verschaltung sowie Isolations- und Schutzschichten entsprechend dem Stand der Technik



versehen.

Diese Verschaltung erfolgt dabei derart, daß im Bereich des dritten streifenförmigen Gebietes 33 zwei magnetoresistive Schichtsysteme 20 entstehen, die gemäß Fig. 3 als Brückenwiderstände R_1 und R_3 verschaltet sind. Analog erfolgt die Verschaltung in dem ersten streifenförmigen Gebiet 31 derart, daß ebenfalls zwei magnetoresistive Schichtsysteme 20 entstehen, die als Brückenwiderstände R_2 und R_4 gemäß Fig. 3 verschaltet sind.

Auf diese Weise ist eine elektrische Schaltung in Form einer Wheatstone-Brücke 21 entstanden, wobei die Brückenwiderstände R_1 bis R_4 durch magnetoresistive Schichtsysteme 20 gebildet werden, von denen jeweils zwei eine zueinander parallele Richtung der Magnetisierung m_2 bzw. m_2' aufweisen. Somit entspricht das dritte Gebiet 33 dem ersten Streifen 5 in Fig. 3 und das erste Gebiet 31 in dem zweiten Streifen 6 in Fig. 3. Die erzeugte Wheatstone-Brücke 21 besteht weiter aus einer ersten Halbbrücke 22 und einer zweiten Halbbrücke 23 und ist in an sich bekannter Weise mit der anliegenden äußeren Spannung 110 und andererseits mit einer Vorrichtung zur Messung der Brückenspannung U_B verbunden.

Es ist im übrigen offensichtlich, daß auf dem Substrat 10 gemäß Fig. 4b oder Fig. 4c auch mehrere Wheatstone-Brücken 21 erzeugt werden können, indem das Substrat 10 in streifenförmigen Gebieten strukturiert wird, die jeweils entsprechende, bei Bedarf auch unterschiedliche Magnetisierungsrichtungen aufweisen.

Sofern mehrere Wheatstone-Brücken 21 auf einem Substrat 10 erzeugt bzw. herausstrukturiert werden, erfolgt dies weiter bevorzugt derart, daß in den verschiedenen Schichtsystemen 20, die jeweils diese Wheatstone-Brücken 21 bilden, die Magnetisierungsrichtungen m_2 bzw. m_2' zwischen den einzelnen Brücken 21 senkrecht zueinander ausgerichtet sind. Auf diese Weise ist mit einem magnetisch sensitiven Bauteil 30 eine Winkelmessung über volle 360° möglich, wobei die übrigen erfindungsgemäßen Vorteile gewahrt bleiben.

Die Fig. 6 erläutert ein Ausführungsbeispiel, bei dem gegenüber Fig. 2 bzw. Fig. 3 die Brückenwiderstände R_5 und R_6 als inaktive Brückenwiderstände ausgebildet sind. Somit enthält eine Wheatstone-Brücke 21 gemäß Fig. 6 zwei Halbbrücken 22, 23 die jeweils einen Brückenwiderstand R_2 , R_4 aufweisen, die selbst jeweils durch ein magnetoresistives Schichtsystem 20 mit einer Referenzschicht 2, 2' gebildet werden. Im einzelnen wird dazu das Substrat 10, wie vorstehend bereits erläutert, zunächst vollständig analog zu dem ersten Ausführungsbeispiel strukturiert, so daß ein Schichtaufbau des magnetisch-sensitiven Bauteils 30 entsteht, wie er mit Hilfe von Fig. 4b erläutert ist. Anschließend wird dann jedoch auf die Abscheidung der zweiten Referenzschicht 2', wie dies im vorstehenden Ausführungsbeispiel mit der Fig. 4c erläutert wurde, verzichtet, und es erfolgt unmittelbar eine Strukturierung des ersten bzw. zweiten Gebietes 31, 32 in Fig. 4b.

Im einzelnen werden dazu aus dem ersten Gebiet 31 zwei magnetoresistive Schichtsysteme 20 herausstrukturiert, die eine gleiche Richtung der Magnetisierung m_2 aufweisen, und die im weiteren die Brückenwiderstände R_2 und R_4 gemäß Fig. 6 bilden. Die Richtung der Magnetisierung m_2 in Fig. 6 ist dabei durch den eingezeichneten Pfeil gegeben. Weiter wird in Fig. 4b ebenso das zweite Gebiet 32 in an sich bekannter Weise derart strukturiert, daß zwei inaktive Brückenwiderstände R_5 und R_6 entstehen. Danach werden diese Brückenwiderstände R_2 , R_4 , R_5 und R_6 in an sich bekannter Weise zu der Wheatstone-Brücke 21 gemäß Fig. 6 verschaltet, und, wie im vorherigen Ausführungsbeispiel bereits ausgeführt, mit Leitungsschichten zur Verschaltung so-

wie Isolations- und Schutzschichten entsprechend dem Stand der Technik versehen.

Die beiden inaktiven Brückenwiderstände R_5 und R_6 werden somit in Fig. 6 durch die Zwischenschicht 3 gebildet und sind lediglich ohmsche Widerstände, die nicht sensitiv auf die Richtung eines äußeren Magnetfeldes sind. Somit enthält die Wheatstone-Brücke 21 gemäß Fig. 6 lediglich zwei magnetoresistive Schichtsysteme 20, die beispielsweise eine gleichgerichtete Richtung der Magnetisierung aufweisen, und wobei jeder Halbbrücke 22, 23 der Wheatstone-Brücke 21 jeweils ein magnetoresistives Schichtsystem 20 zugeordnet ist.

Die erhaltene Brückenausgangsspannung U_B der Wheatstone-Brücke 21 gemäß Fig. 6 beträgt zwar bei gleicher eingepreßter Spannung U_0 lediglich die Hälfte der Schaltung gemäß Fig. 2 mit vier magnetoresistiven Schichtsystemen 20 als Brückenwiderstände R_1 , R_2 , R_3 und R_4 , der Vorteil eines temperaturunabhängigen Offsets der Brückenausgangsspannung U_B bleibt jedoch auch in Fig. 6 erhalten, da alle Brückenwiderstände R_2 , R_4 , R_5 und R_6 aus dem gleichen Material bestehen.

Im übrigen sei betont, daß es ebenso möglich ist, die Brückenwiderstände R_5 und R_6 als externe ohmsche Widerstände auszuführen, das heißt als Widerstände, die nicht auf dem Substrat 10 erzeugt worden sind, sondern die mittels einer elektronischen Schaltung in an sich bekannter Weise als externe Widerstände mit den auf dem Substrat 10 befindlichen, magnetisch sensitiven Brückenwiderständen R_2 und R_4 in der erläuterten Art nach der Art einer Wheatstone-Brücke bzw. zwei Halbbrücken verschaltet sind.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel zur Realisierung eines magnetisch sensitiven Bauteils 30 mit einer Wheatstone-Brücke 21, die gemäß Fig. 6 verschaltet ist, erläutert die Fig. 5. Die Ausführungsform gemäß Fig. 5 unterscheidet sich von derjenigen gemäß Fig. 4b lediglich dadurch, daß in Fig. 5 in einem vierten Gebiet 34, das dem zweiten Gebiet 32 gemäß Fig. 4b entspricht, auch die erste Teilschicht 2a aufgebracht ist.

Im einzelnen ist dazu zunächst gemäß Fig. 5 auf der gesamten Oberfläche des Substrates 10 die erste Teilschicht 2a aufgebracht worden. Danach erfolgt dann eine Strukturierung der Oberfläche des Substrates 10 in streifenförmige Gebiete 31, 34, beispielsweise über eine geeignete Maskierung im Bereich des vierten Gebietes 34, der dann eine Abscheidung der zweiten Teilschicht 2b bei gleichzeitig angelegtem äußerem Magnetfeld H entsprechend Fig. 4b zur Erzeugung einer gerichteten Magnetisierung m_2 in dem ersten Gebiet 31 folgt. Anschließend wird dann die Maskierung im Bereich des vierten Gebietes wieder entfernt.

Ansonsten ist die Erzeugung des Schichtaufbaus gemäß Fig. 5 völlig analog dem mit Hilfe der Fig. 4a und 4b erläuterten Ausführungsbeispiel, d. h. es wird in Fig. 5 auf der Oberfläche der Zwischenschicht 3 zunächst eine weichmagnetische erste Teilschicht 2a abgeschieden, die beispielsweise aus NiFe besteht, und danach in dem ersten streifenförmigen Gebiet 31 die antiferromagnetische Teilschicht 2b, beispielsweise aus NiO oder Iridium-Mangan, aufgebracht.

Damit wird erreicht, daß sich die weichmagnetische erste Teilschicht 2a in dem streifenförmigen vierten Gebiet 34 stets in Richtung eines äußeren Magnetfeldes ausrichtet, so daß keine magnetfeldabhängige Widerstandsänderung hervorgerufen wird, während in dem ersten streifenförmigen Gebiet 31 durch die antiferromagnetische Teilschicht 2b in der ersten Teilschicht 2a eine stets auch bei starken äußeren Magnetfeldern oder Störfeldern zumindest weitgehend unbeeinflusst bleibende Magnetisierung vorliegt, deren Richtung konstant ist, und die somit als zuverlässige Referenz zur Verfügung steht.



Insgesamt wird somit in dem ersten streifenförmigen Gebiet 31 durch ein äußeres Magnetfeld eine Änderung der Richtung der Magnetisierung in der Detektionsschicht 1 bewirkt, so daß ein magnetoresistiver Effekt auftritt, wobei man ausnutzt, daß die antiferromagnetische zweite Teilschicht 2b kein äußeres resultierendes magnetisches Moment besitzt, so daß sie durch ein äußeres Magnetfeld nachträglich nicht ausgerichtet oder beeinflußt werden kann.

Es ist im übrigen offensichtlich, daß die mit Hilfe der Fig. 4a bis 4c sowie 5 erläuterten Schichtabfolgen in dem magnetisch sensitiven Bauteil 30 auch vertauscht werden können. So ist es beispielsweise ohne weiteres möglich, auf dem Substrat 10 zunächst eine Bufferschicht 11, darauf dann eine erste Referenzschicht 2 und gegebenenfalls eine zweite Referenzschicht 2' aufzubringen, auf der dann die Zwischenschicht 3 und nachfolgend die Detektionsschicht 1 abge-
schieben wird.

Weiterhin kann das magnetisch sensitive Bauteil 30 anstelle des GMR-Effektes auch den sogenannten TMR-Effekt nutzen, indem die Zwischenschicht 3 nicht leitfähig, sondern aus einem dielektrischen Material, insbesondere Al_2O_3 , gebildet wird. In diesem Fall fließt der durch die äußere Spannungsquelle U_0 erzeugte Strom I nicht in der Ebene der Zwischenschicht 3, sondern senkrecht dazu, wobei die Zwischenschicht 3 eine Tunnelbarriere bildet und der Tunnelstrom durch die Richtung der Magnetisierungen der Detektionsschicht 1 bzw. der ersten und/oder zweiten Referenzschicht 2, 2' bestimmt wird. Derartige Schaltungen sind dem Fachmann an sich bekannt.

Weiterhin ist es in gewissen Fällen vorteilhaft, die erste bzw. dritte Teilschicht 2a, 2a' der Referenzschichten 2 bzw. 2' zumindest eines magnetoresistiven Schichtsystems 20 des magnetisch sensitiven Bauteils 30 zumindest oberflächlich und zumindest bereichsweise mit einer Strukturierung zu versehen, die zusätzlich zu der Wirkung der antiferromagnetischen zweiten bzw. vierten Teilschicht 2b, 2b' einer Änderung der Richtung der Magnetisierung m_2 der ersten bzw. dritten Teilschicht 2a, 2a' entgegenwirkt.

Diese Strukturierung ist bevorzugt eine wellenförmige oder sägezahnförmige Topographie, deren Strukturen zumindest weitgehend eine uniaxiale Vorzugsrichtung aufweisen, die zumindest weitgehend parallel zu der Richtung der Magnetisierung m_2 und/oder zumindest weitgehend parallel zu der Richtung der Magnetisierung m_2 orientiert ist.

Bezugszeichenliste

- 1 Detektionsschicht
- 2 erste Referenzschicht
- 2a erste Teilschicht
- 2b zweite Teilschicht
- 2' zweite Referenzschicht
- 2a' dritte Teilschicht
- 2b' vierte Teilschicht
- 3 Zwischenschicht
- 5 erster Streifen
- 6 zweiter Streifen
- 10 Substrat
- 11 Bufferschicht
- 12 Opferschicht
- 20 Schichtsystem
- 21 Wheatstone-Brücke
- 22 erste Halbbrücke
- 23 zweite Halbbrücke
- 30 magnetisch sensitives Bauteil
- 31 erstes Gebiet
- 32 zweites Gebiet
- 33 drittes Gebiet

34 viertes Gebiet

Patentansprüche

1. Magnetisch sensitives Bauteil, insbesondere Sensorelement, mit mindestens zwei, bereichsweise auf einem Substrat (10) erzeugten, einen GMR- oder TMR-Effekt aufweisenden magnetoresistiven Schichtsystemen (20) mit jeweils mindestens einer Referenzschicht (2, 2'), mindestens einer zu der Referenzschicht (2, 2') benachbarten Zwischenschicht (3) und mindestens einer zu der Zwischenschicht (3) benachbarten Detektionsschicht (1), wobei die magnetoresistiven Schichtsysteme (20) als Brückenwiderstände (R_2 , R_4) in einer elektrischen Schaltung nach Art einer Wheatstone-Brücke (21) verschaltet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens eine der Referenzschichten (2, 2') mindestens eines magnetoresistiven Schichtsystems (20) mindestens eine erste Teilschicht (2a, 2a') und mindestens eine zweite Teilschicht (2b, 2b') aufweist, wobei die erste Teilschicht (2a, 2a') eine Magnetisierung (m_2) aufweist und die zweite Teilschicht eine antiferromagnetische Teilschicht (2b, 2b') ist.
2. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Schaltung nach Art einer Wheatstone-Brücke zwei Halbbrücken (22, 23) aufweist, die jeweils mindestens ein magnetoresistives Schichtsystem (20) aufweisen.
3. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Schaltung zumindest eine Wheatstone-Brücke (21) mit vier magnetoresistiven Schichtsystemen (20) als Brückenwiderstände (R_1 , R_2 , R_3 , R_4) aufweist, und/oder daß die elektrische Schaltung zumindest eine Wheatstone-Brücke (21) mit zwei Halbbrücken (22, 23) aufweist, die jeweils ein magnetoresistives Schichtsystem (20) als Brückenwiderstand (R_2 , R_4) und jeweils einen von einem äußeren Magnetfeld unabhängigen Widerstand (R_5 , R_6) aufweisen.
4. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die magnetoresistiven Schichtsysteme (20) derart verschaltet sind, daß eine durch ein äußeres Magnetfeld veränderbare Brückenausgangsspannung (U_B) zumindest im Bereich von $-40^\circ C$ bis $150^\circ C$ zumindest weitgehend temperaturunabhängig und/oder zumindest weitgehend offsetfrei ist.
5. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei mindestens einem Schichtsystem (20) die Detektionsschicht (1) auf einem insbesondere mit einer Bufferschicht (11) versehenen Substrat (10) angeordnet ist, und daß auf der Detektionsschicht (1) die Zwischenschicht (3), und auf der Zwischenschicht (3) die Referenzschichten (2, 2') angeordnet sind.
6. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei mindestens einem magnetoresistiven Schichtsystem (20) die Referenzschichten (2, 2') auf einem insbesondere mit einer Bufferschicht (11) versehenen Substrat (10) angeordnet sind, und daß auf den Referenzschichten (2, 2') die Zwischenschicht (3) und auf der Zwischenschicht (3) die Detektionsschicht (1) angeordnet ist.
7. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektionsschichten (1) der magnetoresistiven Schichtsysteme (20) jeweils zumindest im Bereich ihrer der Zwischenschicht (3) zugewandten Oberfläche eine erste Magnetisierung (m_1) aufweisen.



8. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei zumindest einem magnetoresistiven Schichtsystem (20) die Richtung der Magnetisierung (m_2) der ersten Teilschicht (2a, 2a') zumindest weitgehend parallel zu der Ebene der ersten Teilschicht (2a, 2a') und die Richtung der ersten Magnetisierung (m_1) der Detektionsschicht (1) zumindest weitgehend parallel zu der Ebene der Detektionsschicht (1) orientiert ist.

9. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei zumindest einem magnetoresistiven Schichtsystem (20) die Richtung der Magnetisierung (m_2) der ersten Teilschicht (2a, 2a') auch unter dem Einwirken eines insbesondere beliebig gerichteten und/oder starken äußeren Magnetfeldes stets zumindest weitgehend unverändert ist.

10. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei zumindest einem magnetoresistiven Schichtsystem (20) die Richtung der Magnetisierung (m_1) der Detektionsschicht (1) unter dem Einfluß eines äußeren Magnetfeldes veränderbar ist, und sich jeweils derart einstellt, daß sie zumindest weitgehend parallel zu einer am Ort des jeweiligen magnetoresistiven Schichtsystems (20) parallel zu der Ebene der Detektionsschicht (1) gerichteten Komponente des äußeren Magnetfeldes orientiert ist.

11. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Zwischenschicht (3) eines magnetoresistiven Schichtsystems (20) ein elektrisch leitfähiges Material, insbesondere ein unmagnetisches Metall, aufweist, und/oder daß mindestens eine Zwischenschicht (3) eines magnetoresistiven Schichtsystems (20) ein dielektrisches Material, insbesondere Al_2O_3 , aufweist.

12. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Detektionsschicht (1) mindestens eines magnetoresistiven Schichtsystems (20) zumindest bereichsweise ein weichmagnetisches Material, insbesondere NiFe oder FeCo, aufweist.

13. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine erste Teilschicht (2a, 2a') zumindest bereichsweise ein hartmagnetisches Material, insbesondere Cobalt homogener magnetischer Ausrichtung, oder ein relativ weichmagnetisches Material, insbesondere NiFe oder FeCo, aufweist.

14. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine zweite Teilschicht (2b, 2b') ein antiferromagnetisches Material, insbesondere NiO, IrMn, MnFe oder PtMn, aufweist.

15. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (10) ein Siliziumsubstrat oder ein thermisch oxidiertes Siliziumsubstrat, insbesondere ein Wafer oder Chip, ist, und daß das magnetisch sensitive Bauteil (30) monolithisch integriert auf dem Substrat (10) aufgebaut ist.

16. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Bufferschicht (11) eine Tantalschicht oder eine NiFe-Schicht ist.

17. Magnetisch sensitives Bauteil nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Teilschicht (2b, 2b') in der ersten Teilschicht (2a, 2a') zumindest oberflächlich eine Magnetisierung induziert.

18. Magnetisch sensitives Bauteil nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekenn-

zeichnet, daß das magnetisch sensitive Bauteil (30) zumindest zwei magnetoresistive Schichtsysteme (20) aufweist, wobei die Magnetisierung (m_2) zumindest einer ersten Teilschicht (2a, 2a') eines Schichtsystems (20) zumindest näherungsweise der Magnetisierung (m_2) zumindest einer Teilschicht (2a, 2a') eines anderen Schichtsystems (20) entgegengerichtet ist.

19. Magnetisch sensitives Bauteil nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das magnetisch sensitive Bauteil (30) zumindest zwei magnetoresistive Schichtsysteme (20) aufweist, wobei die Magnetisierung (m_2) zumindest einer ersten Teilschicht (2a, 2a') eines Schichtsystems (20) zumindest näherungsweise senkrecht zu der Magnetisierung (m_2) zumindest einer Teilschicht (2a, 2a') eines anderen Schichtsystems (20) entgegengerichtet ist.

20. Magnetisch sensitives Bauteil nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (10) in mindestens zwei streifenförmige Gebiete (31, 32, 33, 34) unterteilt ist, wobei zwei benachbarte Gebiete (31, 33) unterschiedlich gerichtete, insbesondere zumindest näherungsweise entgegengerichtete oder um 90° gegeneinander gedrehte Richtungen der Magnetisierung (m_2 , m_2') mindestens einer Referenzschicht (2, 2') aufweisen, wobei die Richtungen der Magnetisierungen (m_2 , m_2') unter dem Einfluß eines äußeren Magnetfeldes zumindest nahezu unveränderbar sind, oder wobei von zwei einander benachbarten Gebieten (31, 32) eines ein referenzschichtfreies Gebiet (32), ein Gebiet mit einer unmagnetischen Referenzschicht oder ein Gebiet (34) mit einer weichmagnetischen Referenzschicht (2a) ist, deren Richtung der Magnetisierung zumindest weitgehend parallel zu einem äußeren Magnetfeld ausrichtbar ist, und wobei eines ein Gebiet (31) mit mindestens einer Referenzschicht (2, 2') mit einer unter dem Einfluß eines äußeren Magnetfeldes zumindest nahezu unveränderbaren Magnetisierung (m_2) ist.

21. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß das magnetisch sensitive Bauteil (30) mindestens zwei magnetoresistive Schichtsysteme (20) in mindestens zwei Gebieten (31, 33) mit Referenzschichten (2, 2') mit unterschiedlich gerichteter, unter dem Einfluß eines äußeren Magnetfeldes zumindest nahezu unveränderbarer Magnetisierung (m_2 , m_2') aufweist.

22. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß das magnetisch sensitive Bauteil (30) mindestens ein magnetoresistives Schichtsystem (20) in einem Gebiet (31, 33) mit einer Referenzschichten (2, 2') mit einer unter dem Einfluß eines äußeren Magnetfeldes zumindest nahezu unveränderbaren Magnetisierung (m_2) aufweist, und daß das magnetisch sensitive Bauteil (30) mindestens ein magnetoresistives Schichtsystem (20) in einem referenzschichtfreien Gebiet (32), einem Gebiet mit einer unmagnetischen Referenzschicht oder einem Gebiet (34) mit einer weichmagnetischen Referenzschicht (2a), deren Richtung der Magnetisierung zumindest weitgehend parallel zu einem äußeren Magnetfeld ausrichtbar ist, aufweist.

23. Magnetisch sensitives Bauteil nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die erste Teilschicht (2a, 2a') der Referenzschicht (2, 2') zumindest eines magnetoresistiven Schichtsystems (20) zumindest oberflächlich und zumindest bereichsweise mit einer Strukturierung



derart versehen ist, daß die Strukturierung einer Änderung der Richtung der Magnetisierung (m_2) der ersten Teilschicht (2a, 2a') entgegenwirkt.

24. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Strukturierung eine wellenförmige oder sägezahnförmige Topographie ist, wobei deren Strukturen zumindest weitgehend eine uniaxiale Vorzugsrichtung aufweisen, die zumindest weitgehend parallel zu der Richtung der Magnetisierung (m_2) der ersten Teilschicht (2a, 2a') orientiert ist.

25. Magnetisch sensitives Bauteil nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektionsschicht (1) und/oder die Zwischenschicht (3) zumindest einseitig eine Strukturierung, insbesondere eine wellenförmige Topographie, aufweisen, die zumindest weitgehend der Strukturierung der Referenzschicht (2, 2') entspricht.

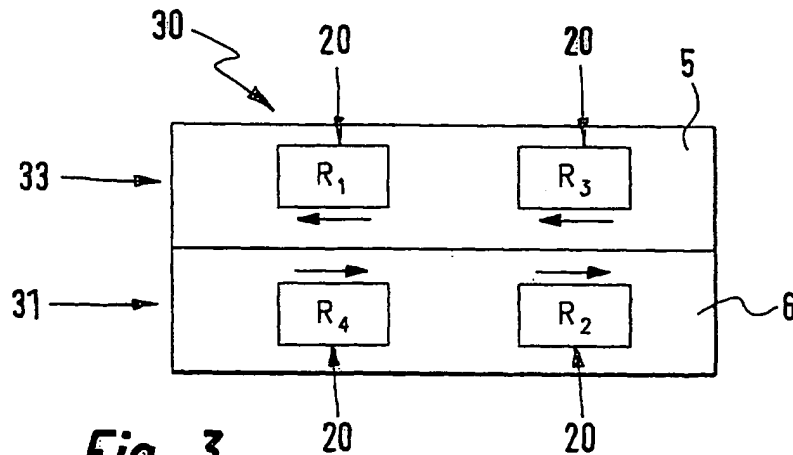
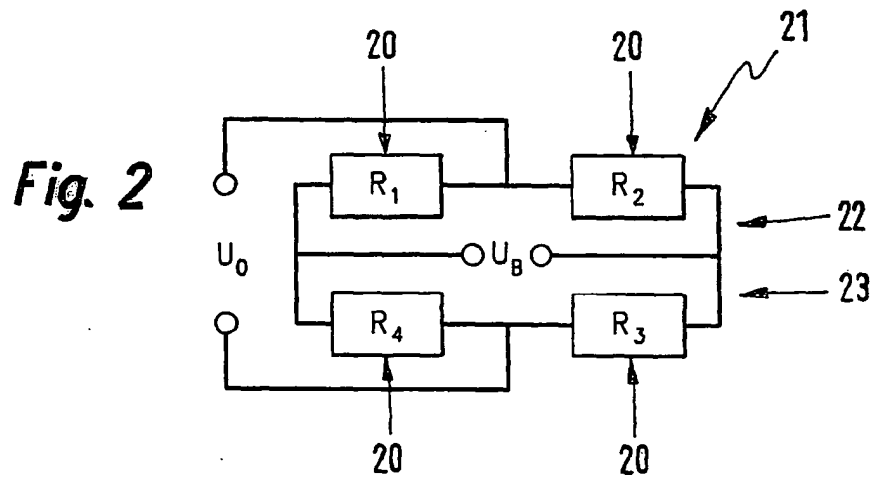
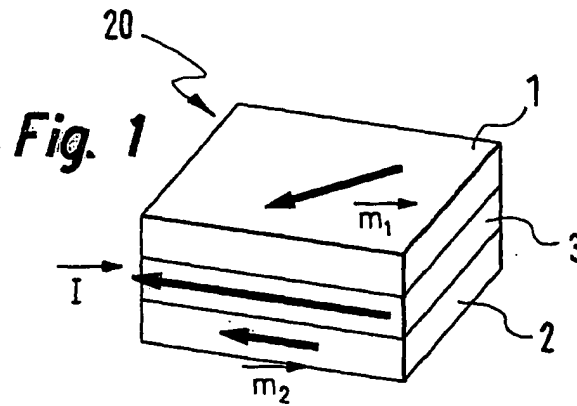
26. Magnetisch sensitives Bauteil nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein magnetoresistives Schichtsystem (20) unter dem Einfluß eines äußeren Magnetfeldes eine Änderung des elektrischen Widerstandes der Zwischenschicht (3) aufweist, wobei die Änderung des elektrischen Widerstandes eine Funktion des Winkels zwischen der Magnetisierung (m_2) der ersten Teilschicht (2a, 2a') und der Magnetisierung (m_1) der Detektionsschicht (1) ist, und wobei der elektrische Widerstand der Zwischenschicht (3) derjenige elektrische Widerstand ist, der bei einem parallel oder senkrecht zu der Ebene der Zwischenschicht (3) geführten elektrischen Strom meßbar ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen



- Leerseite -





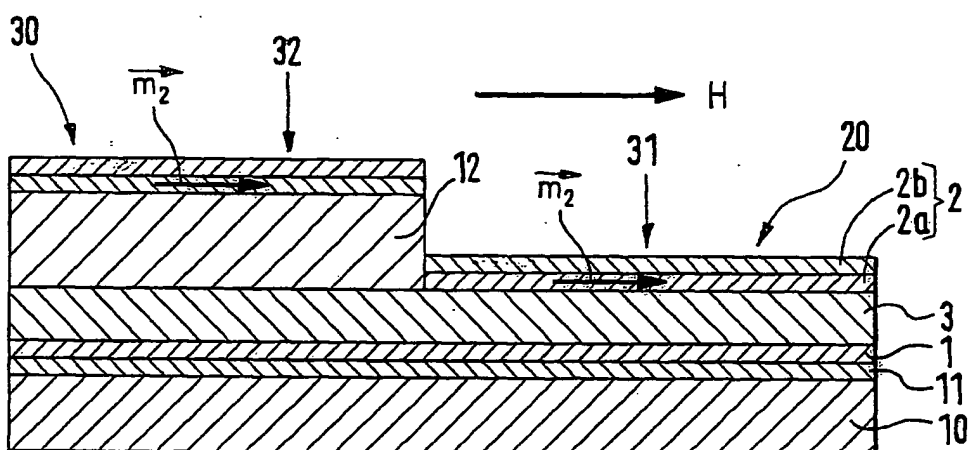


Fig. 4a

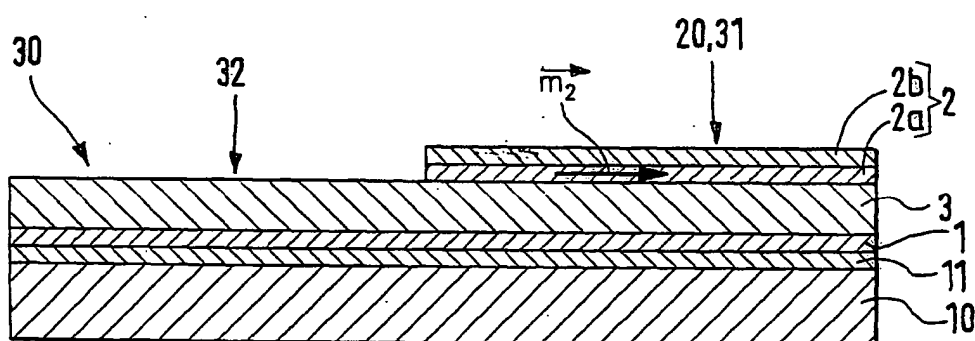


Fig. 4b

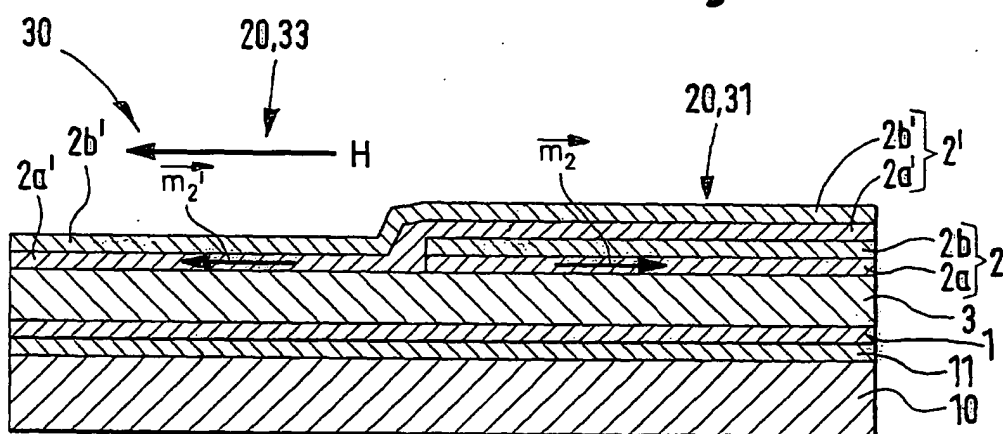


Fig. 4c

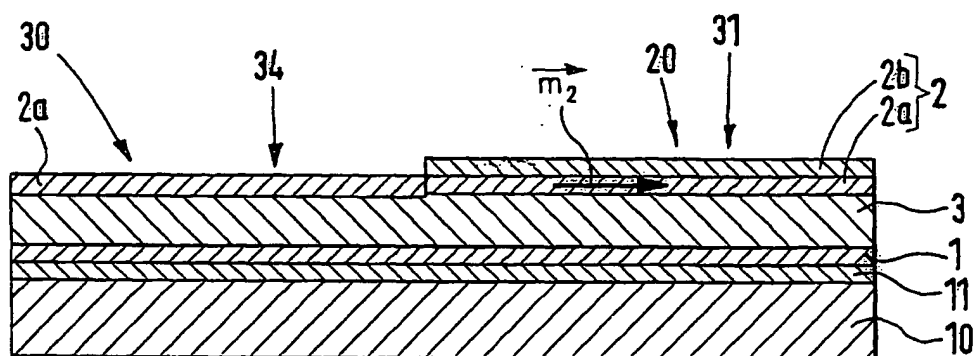


Fig. 5

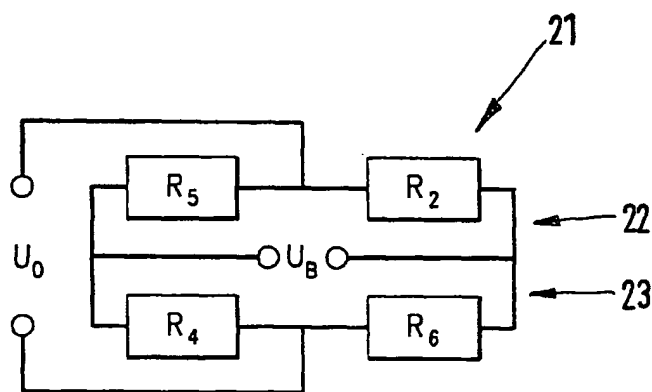


Fig. 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.